

RAPPORT 2009-2010

du projet de recherche

Modélisation de la dynamique de l'impact. Applications aux matériaux qui peuvent subir des transformations de phase ou phénomènes d'écaillage.

dans le cadre du

Laboratoire Européen Associé CNRS Franco-Roumain
MATHEMATIQUES & MODELISATION

Participants :

Cristian Făciu, Institut de Mathématiques "Simion Stoilow" de l'Académie Roumaine (IMAR)

Alain Molinari, Université Paul Verlaine - Metz, Laboratoire de Physique et Mécanique des Matériaux (LPMM) - FRE 3236

Sébastien Mercier, Université Paul Verlaine - Metz, Laboratoire de Physique et Mécanique des Matériaux (LPMM) - FRE 3236

Publications :

1. C. Făciu, A. Molinari, Some numerical aspects in modeling the impact of two shape memory alloy bars, U.P.B. Sci. Bull., Series D, **72**(4), 43–48, 2010.

Articles en cours de rédaction :

2. C. Făciu, A. Molinari, The structure of profile layers for a heat conducting Maxwellian rate-type approach to solid-solid phase transitions.
Part I : Thermodynamics and admissibility. Part II : Numerical study.
(soumission prévue en avril 2011).
3. C. Făciu, S. Mercier, Wave interactions during spalling - an elasto-plastic versus a viscoplastic approach.

Conférences :

- Conférence présenté par Sébastien Mercier à la Faculté des Sciences Mathématiques de l'Université de Bucarest, 7 octobre, 2010, intitulée
Multiple necking in dynamic expansions of plates, cylinders and spheres. Theory and experiments.
basée sur les travaux communs de S. Mercier et A. Molinari.

- Conférence de Sébastien Mercier à la Faculté des Sciences Mathématiques de l'Université de Bucarest, 22 octobre, 2009, intitulée
A micromechanical constitutive model for dynamic damage and fracture of ductile materials. Application to spalling.
- Conférence de Cristian Făciu au Laboratoire de Physique et Mécanique des Matériaux, FRE 3236, Metz, 29 janvier, 2009, intitulée
Propagation des ondes et phénomènes de nucléation dans les fils en alliage à mémoire de forme

Visites :

- Visite d'Alain Molinari à Bucarest du 27.11-6.12 2010 financée par le LEA.
- Visite de Sébastien Mercier à Bucarest du 25.09-11.10 2010 financée par le LEA.
- Visite de Sébastien Mercier à Bucarest du 10.10-30.10 2010 financée par le LEA.
- Visite de Cristian Făciu à Metz du 17.05-17.06 2010 financée par l'Université de Metz.

Resultats obtenus :

En [1] nous avons utilisé l'impact longitudinal des barres comme moyen pour comprendre la cinétique de la transformation de phases. Ce problème a été étudié dans un cadre unidimensionnel et non-isotherme et a fourni d'importants résultats sur la structure des ondes. En utilisant un modèle constitutive de type différentiel maxwellien nous avons déterminé la solution numérique pour ce problème d'impact. Nous avons présenté les résultats numériques qui décrivent l'évolution temporelle de la contrainte, de la déformation, de la vitesse et de la température dans le projectile et dans la cible après l'impact. On a insisté sur les résultats qui peuvent être mesurés dans les essais de laboratoire.

En [2] on a considéré le système mixte hyperbolique-elliptique de la thermo-élasticité adiabatique qui peut décrire des transformations de phases induites par impact. Pour ce système de type lois de conservation on a besoin d'un critère d'unicité pour les solutions avec discontinuités. On a considéré une régularisation visqueuse maxwellienne du modèle thermoélastique, avec ou sans, conduction thermique décrite par la loi de Fourier. On a étudié l'existence et l'unicité des ondes progressives pour la système augmenté et on a établie que le critère d'admissibilité et équivalent avec le critère de la corde par rapport à la courbe de Hugoniot dans l'espace contrainte-déformation. Ce critère est compatible avec le critère entropique de Lax. Le rôle de la viscosité et de la conductivité thermique dans la structure d'une discontinuité (onde de choc ou interface entre les phases du matériaux) a été étudié au point de vue thermodynamique, analytique et numérique. On a montré que si les effets visqueuses dominent les effets de conduction thermique la variation

de l'entropie dans la structure du choc est monotone, tandis que dans le cas opposé la variation de l'entropie est non-monotone et plus que cela, elle peut dépasser la valeur finale de l'entropie.

En [3] on a considéré la modélisation de la propagation des ondes lors d'un essai d'impact qui conduit pour les matériaux ductiles à l'écaillage et à l'apparition d'une zone fortement endommagée. Dans un premier temps, nous avons considéré le matériau comme ayant un comportement élasto-plastique. En supposant que le matériau se rompt à une contrainte seuil, il a été possible de retrouver, par un formalisme faisant intervenir les problèmes de Goursat et de Riemann, les formules classiques de la littérature (formules acoustique, de Stepanov, et de Novikov). Il a été montré que ces formules ont été établies dans un cadre simplifié, en négligeant un grand nombre d'interaction d'ondes. Nous avons repris le problème de manière rigoureuse. Le traitement des interactions multiples entre front d'ondes plastique et élastique a été obtenu théoriquement. Lorsque le choc devient intense, un endommagement localisé se développe au sein de la cible, sous la forme de cavités. Une première étape de prise en compte de cet endommagement a été de considérer le matériau élasto-plastique, présentant un adoucissement à partir d'un certain seuil. La résolution analytique des problèmes de Goursat et Riemann n'est plus possible en présence d'adoucissement. Une résolution numérique a été considéré avec adoption d'une régularisation visqueuse.

Perspectives :

1) Finir la rédaction des publications mentionnées ci-dessus et leur soumission pour publication.

2) Pour la thématique "Modélisation de la dynamique de l'impact - applications aux matériaux qui peuvent subir des transformations de phase" on a maintenant tous les ingrédients pour pouvoir résoudre les problèmes de Riemann et Goursat pour le système adiabatique thermoélastique.

3) Pour la thématique "Modélisation de la dynamique de l'impact - application à l'écaillage" le but est maintenant d'étudier l'atténuation des ondes en présence d'endommagement et de pouvoir mieux prédire les contraintes d'écaillage dans les matériaux ductiles.